

Keterpulihan ekosistem lahan pasca tambang batubara tertinggal jauh di belakang keberhasilan rehabilitasi lahan

Triyono Sudarmadji^{1*}, Wahjuni Hartati²

¹Laboratorium Konservasi Tanah - Air dan Iklim, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman. Jl. Penajam, Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur.

²Laboratorium Budidaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman. Jl. Panajam, Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur.

*E-mail: triyonosudarmadji@gmail.com

Artikel diterima: 07 Agustus 2022 Revisi diterima 16 Januari 2023

ABSTRACT

Coal mining operations in forest areas cause significant damage to ecosystems, so that post-mining land rehabilitation measures must be taken immediately. Post-mining ecosystem restoration efforts must be evaluated in order to determine the level and status of success as well as the potential for ecosystem recovery. Assessment of the success of forest reclamation in the IPPKH concession area of PT Santan Batubara in Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province was carried out in 6 (six) locations, namely OPDM2 (4.2 Ha), IPDF1 (6.7 Ha), IPDC1 Komodo (0.9 Ha), IPDC2 Komodo (1.8 Ha), IPDB Komodo (3.3 Ha) and IPDCM1 (6.2 Ha), with a total area of 23.10 Ha. The score for the assessment of the success of land rehabilitation is 87.0, which includes land management (27.0), erosion- sedimentation control (16.0), and forest revegetation (44.0). The status of ecosystem recovery was characterized by re- establishing the foodweb based on the presence of herbivores – predators - carnivores, but still without the presence of top carnivores, indicating the ecosystem value is 70, which means that the value of ecosystem restoration with prospective status indicates that the processes and stages of the restoration of forest ecosystems has led to the expected recovery, namely the initial baseline conditions prior to coal mining operation activities.

Key words: Ecosystem recovery, land arrangement, erosion-sedimentation, forest rehabilitation, land revegetation.

ABSTRAK

Penambangan batubara di kawasan hutan menimbulkan kerusakan ekosistem yang sangat signifikan sehingga harus segera dilakukan tindakan rehabilitasi lahan pasca tambang. Upaya pemulihan ekosistem pasca tambang harus dievaluasi guna mengetahui tingkat dan status keberhasilan serta potensi keterpuliannya. Penilaian keberhasilan reklamasi hutan pada areal Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan - IPPKH (sekarang disebut Persetujuan Penggunaan Kawasan Hutan - PPKH) pada konsesi PT Santan Batubara di Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur dilaksanakan di 6 (enam) lokasi yaitu OPDM2 (4,2 Ha), IPDF1 (6,7 Ha), IPDC1 Komodo (0,9 Ha), IPDC2 Komodo (1,8 Ha), IPDB Komodo (3,3 Ha) dan IPDCM1 (6,2 Ha) dengan total luasan 23,10 Ha. Skor hasil penilaian keberhasilan rehabilitasi lahan adalah 87,0 yang meliputi penataan lahan (27,0), pengendalian erosi- sedimentasi (16,0), serta revegetasi hutan (44,0). Skor karakteristik ekosistem dengan penciri utama terbentuknya kembali matarantai ekosistem hutan berdasarkan keberadaan herbivora - predator - karnivora dan tanpa kehadiran karnivora puncak yang menunjukkan satu dan nilai ekosistemnya adalah 70. Nilai ini bermakna bahwa harkat pemulihan ekosistem dengan status prospektif, yang mengindikasikan bahwa proses-proses dan tahapan pemulihan ekosistem hutan telah mengarah pada keterpulihan yang diharapkan yaitu kondisi rona awal sebelum adanya kegiatan penambangan batubara.

Kata kunci: Erosi-sedimentasi, keterpulihan ekosistem, penataan lahan, rehabilitasi hutan, revegetasi lahan

PENDAHULUAN

Disamping itu juga drainase sangat buruk, tanah tidak mampu memegang air, serta kepadatan tanah dan temperatur relatif tinggi yang berdampak langsung terhadap struktur dan fungsi ekosistem (Arsyad, 2006; Datar dkk, 2011; Gashaw dkk, 2014; Hirfan, 2018; Junaidi dan Tistama, 2017; Malau dan Utomo, 2018).

Memperhatikan dampak lingkungan yang begitu besar dari kegiatan operasi penambangan batubara, maka rehabilitasi lahan dalam upaya pemulihan struktur dan fungsi ekosistem lahan pasca penambangan batubara sangat penting dan harus segera dilakukan. Penilaian keberhasilan rehabilitasi dan potensi keterpulihan ekosistem dilakukan berdasarkan amanat Permenhut No.

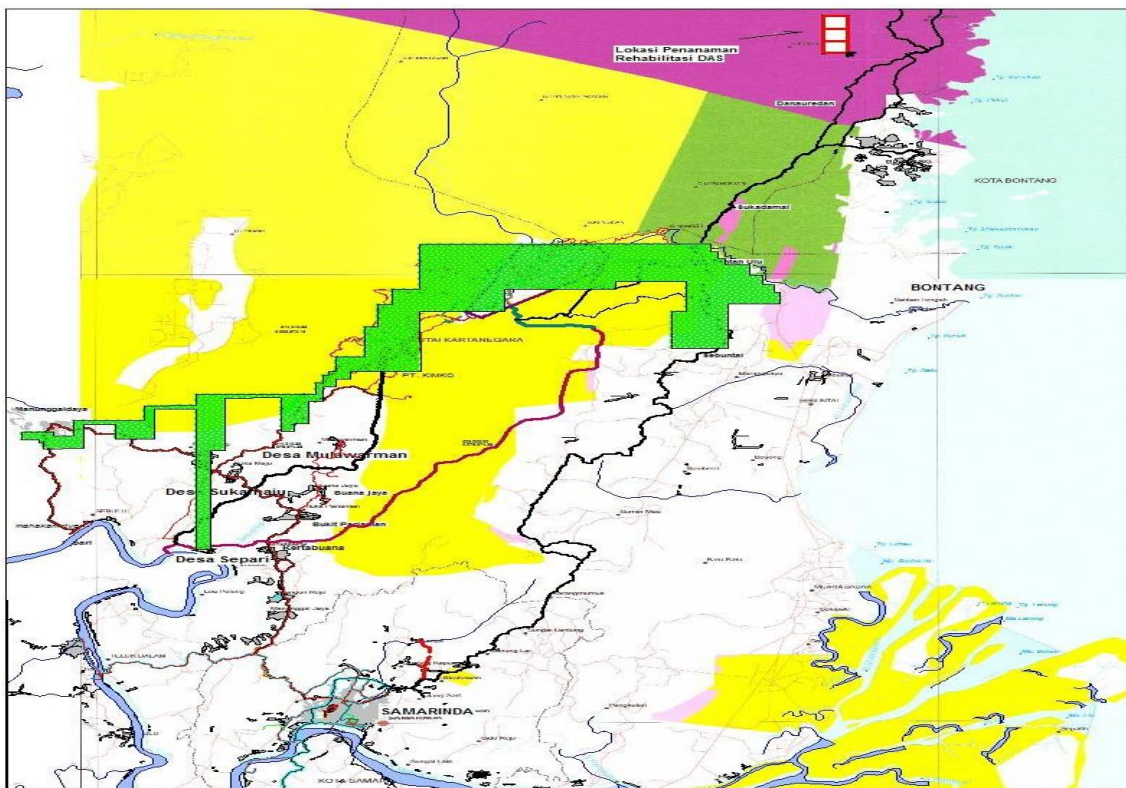
P.60/Menhut-II/2009 tentang Pedoman Penilaian Reklamasi Hutan dan instrumen lain yang tersedia (Ardianto dan Ishak, 2017).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat keberhasilan rehabilitasi dan potensi serta status keterpulihan ekosistem hutan pasca kegiatan penambangan batubara. Hasil dan manfaat yang diharapkan adalah tersedianya hasil analisis tingkat/harkat keberhasilan rehabilitasi lahan dan potensi keterpulihan ekosistem hutan pasca tambang batubara guna mendukung pengembangan instrumen kebijakan dan petunjuk teknis terkait penggunaan kawasan hutan untuk kegiatan penambangan batubara.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penilaian tentang keberhasilan rehabilitasi hutan pada konsesi tambang batubara PT Santan Batubara (SB) di Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur dilaksanakan di 6 (enam) lokasi yaitu OPDM2 (4,2 ha), IPDF1 (6,7 ha), IPDC1 Komodo (0,9 ha), IPDC2 Komodo (1,8 ha), IPDB Komodo (3,3 ha) dan IPDCM1 (6,2) dengan total luasan 23,10. Secara keseluruhan, luas areal penambangan PT SB adalah 16.700 Ha (Gambar 1) yang tersebar di wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Kutai Timur, serta Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Konsesi PT Santan Batubara

Sistem penambangan batubara yang diterapkan oleh PT SB adalah cara penambangan terbuka (*open pit/cast mining*) dengan metode gali - isi kembali (*back filling method*) dalam upaya meminimalisir lahan yang terbuka. Secara teknis, penambangan batubara mencakup pembersihan lahan (*land clearing*), peledakan (*blasting*), penggalian lapisan tanah penutup (*soil stripping*), penggalian lapisan material penutup (*over burden*), penambangan (*mining, hauling, crushing*), serta pemuatan (*loading*) batubara ke ponton. PT SB melaksanakan kegiatan reklamasi hutan dan lahan untuk memulihkan struktur dan fungsi ekosistem hutan. Rencana pengisian kembali dan penataan

lahan mencakup luasan 57 ha, pengaturan permukaan lahan seluas 44 ha, revegetasi lahan bekas tambang seluas 3 Ha dan timbunan tanah serta batuan penutup 47 Ha. Berdasarkan rencana kerja teknis dan lingkungan serta implementasi kegiatan reklamasi hutan yang telah, sedang dan terus dilaksanakan maka perlu dilakukan penilaian keberhasilan rehabilitasi hutan.

Prosedur Penelitian

Untuk mengetahui keberhasilan pelaksanaan kegiatan rehabilitasi hutan pada areal yang ditetapkan, maka dilakukan penilaian terhadap aspek-aspek penataan lahan, pengendalian erosi-

sedimentasi, serta revegetasi lahan pasca tambang.

Penataan Lahan

Pengisian kembali lubang bekas tambang adalah untuk mengetahui kemajuan penataan lahan dan luas areal yang dilakukan penataan. Stabilitas lereng diamati untuk mendeteksi stabilitas lahan yang telah ditata terhadap erosi dan sedimentasi serta longsor. Penaburan tanah pucuk dimaksudkan untuk dapat mengembalikan kesuburan tanah agar kegiatan rehabilitasi lahan berhasil dengan baik.

Pengendalian Erosi - Sedimentasi

Penilaian fungsi dan manfaat bangunan konservasi tanah (dam pengendali, dam penahan, pengendali jurang, terjunan, saluran drainase) dilakukan berdasarkan rencana dan realisasi kegiatan serta kondisi dan kesesuaian fungsinya. Penanaman *cover crops* dinilai secara langsung untuk persiapan tanaman. Kegiatan reklamasi yang telah dilaksanakan cukup lama dinilai berdasarkan dokumentasi. Tipe erosi-sedimentasi diamati kejadian erosi seperti alur, erosi parit hingga kemungkinan terjadinya longsor di lahan reklamasi.

Revegetasi

Luas areal penanaman adalah hasil pengukuran terhadap luas areal penanaman yang dilakukan atas realisasi luas penanaman berdasarkan pengambilan contoh luasan lahan revegetasi secara sistematis dengan intensitas 10%. Pengamatan revegetasi dilakukan untuk menilai persen tumbuh dan kesehatan tanaman.

Analisis Data

Penataan Lahan (bobot = 30)

Persentase penataan lahan dinilai berdasarkan luas areal ditata dibandingkan yang seharusnya ditata. Apabila realisasi pengisian kembali lubang tambang $\geq 90\%$ (5), 80-89% (4), 70-79% (3), 60-69% (2), serta $< 60\%$ (1). Kestabilan lereng diamati terjadinya longsor atau tidak dengan skor longsor sangat ringan ($< 5\%$) (5), ringan (5-10%) (4), sedang (11-15%) (3), agak berat (16-20%) (2), serta longsor berat ($> 20\%$) (1). Skor untuk penaburan tanah pucuk adalah $\geq 90\%$ (5), 80-89% (4), 70-79% (3), 60-69% (2), serta $< 60\%$ (1). Hasil penilaian keberhasilan reklamasi hutan didasarkan kriteria: (1) apabila mencapai skor/nilai total ≥ 80 , reklamasi hutan dinyatakan berhasil; (2) apabila skor/nilai total antara 60-79 dinyatakan kurang berhasil, serta apabila skor/nilai total < 60 dinyatakan tidak berhasil dan harus dilakukan pemeliharaan yang intensif sehingga mencapai nilai total minimal menggunakan indikator ekologi dengan kondisi konsumen herbivora $<$ kondisi rona awal serta *cacat/gagal/belum* - jika kondisi produser $<$ rona awal tanpa species kunci. *pulih* - jika kondisi ekologis kawasan seperti Pengisian kembali lubang bekas tambang yaitu pada luasan.

(4), 70-79% (3), 60-69% (2), serta $< 60\%$ (1).

Pengendalian erosi dan sedimentasi (bobot = 20)

Persentase volume fisik bangunan konservasi tanah dihitung berdasarkan jumlah bangunan dibagi yang seharusnya ada. Apabila $\geq 90\%$ (5), 80-89% (4), 70-79% (3), 60-69% (2), serta $< 60\%$ (1). Apabila bangunan sangat bermanfaat (5), bermanfaat (4), agak bermanfaat (3), kurang bermanfaat (2), bila tidak bermanfaat (1). Untuk *cover crops*, apabila penanaman $\geq 90\%$ (5), 80-89% (4), 70-79% (3), 60-69% (2), serta realisasi $< 60\%$ (1). Penilaian erosi-sedimentasi dilakukan secara visual apabila terjadi erosi sangat ringan ($< 5\%$) (5), ringan (6-10%) (4), sedang (11-15%) (3), berat (16-20%) (2), erosi sangat berat ($> 20\%$) (1).

Revegetasi (bobot = 50)

Penilaian revegetasi hutan adalah apabila penanaman $\geq 90\%$ (5), 80-89% (4), 70-79% (3), 60-69% (2), serta $< 60\%$ (1). Skor untuk persentase tumbuh apabila $\geq 90\%$ (5), 80-89% (4), 70-79% (3), 60-69% (2), serta $< 60\%$ (1). Jumlah tanaman per hektar ditetapkan dengan jarak tanam maksimal 4m x 4m (minimal 625 pohon/ha). Penilaiannya adalah ≥ 625 pohon/ha (5), 551-624 pohon/ha (4), 476-550 pohon/ha (3), 400-475 pohon/ha (2) serta < 400 pohon/ha (1). Revegetasi diawali dengan jenis cepat tumbuh kemudian diikuti pengkayaan (*enrichment planting*) dengan jenis-jenis lokal berdaur panjang. Penilaiannya adalah $\geq 40\%$ (5), 30-39% (4), 20-29% (3), 10-19% (2), serta $< 10\%$ diberi (1). Kesehatan tanaman mencakup kondisi pertumbuhan/kesehatan tanaman (sehat, kurang sehat/ sedang, merana). Skor tanaman sehat $\geq 90\%$ (5), realisasi 80-89% (4), realisasi 70-79% (3), 60-69% (2), serta realisasi $< 60\%$ (1). Hasil penilaian keberhasilan reklamasi hutan didasarkan kriteria: (1) apabila mencapai skor/nilai total ≥ 80 , reklamasi hutan dinyatakan berhasil; (2) apabila skor/nilai total antara 60-79 dinyatakan kurang berhasil, serta apabila skor/nilai total < 60 dinyatakan tidak berhasil dan harus dilakukan pemeliharaan yang intensif sehingga mencapai nilai total minimal menggunakan indikator ekologi dengan

kondisi konsumen herbivora $<$ kondisi rona awal serta *cacat/gagal/belum* - jika kondisi produser $<$ rona awal tanpa species kunci. *pulih* - jika kondisi ekologis kawasan seperti Pengisian kembali lubang bekas tambang yaitu pada luasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penataan Lahan

Pengisian kembali lubang bekas tambang

Pengisian kembali lubang bekas tambang dilakukan pada 5 (lima) lokasi dengan capaian

100% yaitu pada luasan 18,90 Ha. Kegiatan ini sangat penting terkait dengan upaya mewujudkan *landscaping* yang aman dan memungkinkan tahapan kegiatan revegetasi lahan pasca tambang dapat dilaksanakan (Ahdyannor dkk., 2021; Hartati dkk., 2013; Zenqi dkk., 2012)

Tabel 1. Indikator Ekologis (Konsumer Fauna) dan Umur Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang Batubara

No.	Indikator Fauna	Tahun ke						
		(1-<3)	(3-<6)	(6-<9)	(9-<14)	(14-<20)	(20-<27)	(>27)
		Skor/Nilai						
01.	Herbivora	60	50	40	30	20	10	0
02.	Herbivora + Predator	70	60	50	40	30	20	10
03.	Herbivora + Predator + Karnivora	80	70	60	50	40	30	20
04.	Herbivora + Predator + Karnivora + Top Predator	90	80	70	60	50	40	30
05.	Herbivora + Predator + Karnivora + Top Predator	100	90	80	70	60	50	40

Herbivora = Konsumer pertama dalam rantai ekosistem; Predator = Predator avertebrata/karnivora kecil; Karnivora = Vertebrata selain mamalia; Top Predator = Karnivora puncak berupa karnivora mamalia. Sumber: Sutedjo, 2009.

Tabel 2. Status dan Nilai Ekosistem pada Berbagai Umur Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang Batubara

No.	Status Ekosistem	Tahun ke						
		(1-<3)	(3-<6)	(6-<9)	(9-<14)	(14-<20)	(20-<27)	(>27)
01.	Cacat/Gagal/Belum	60	50	40	30	20	10	0
02.	Timpang	70	60	50	40	30	20	10
03.	Propektif	80	70	60	50	40	30	20
04.	Lengkap	90	80	70	60	50	40	30
05.	Pulih	100	90	80	70	60	50	40

Luas areal yang ditata

Kestabilan lereng

Penilaian stabilitas lereng adalah tidak terjadi longsor hingga longsor sangat ringan (<5%) pada luasan 12,20 ha, longsor ringan (5-10%) pada luasan 4,20 ha, longsor sedang (11-15%) pada luasan 6,70 ha.

Penaburan tanah pucuk

Penaburan tanah pucuk dengan capaian

>90% terdapat pada luasan 13,60 ha, 85-90% pada luasan 9,50 ha dengan ketebalan tanah 30-100 cm. Hal ini penting untuk rujukan pertumbuhan dan perkembangan vegetasi di lahan pasca tambang (Hartati dkk., 2013; Marganingrum dan Noviardi, 2009).

Pengendalian Erosi dan Sedimentasi

Jumlah fisik bangunan

Jumlah fisik bangunan konservasi t

anah berupa jaringan drainase dan bentuk konstruksi lain untuk mengendalikan limpasan permukaan agar tidak destruktif (Arsyad, 2006)

cukup tersedia pada lahan reklamasi (Gambar 3A dan Gambar 3B) pada luasan 23,10 ha. Terdapat juga terdapat bangunan *wooden checkdam* sejumlah 80-89% pada lahan seluas 1,72 Ha (OPDbM2).

Manfaat bangunan

Secara keseluruhan, bangunan konservasi tanah yang berupa jaringan sistem drainase dan *wooden checkdam* pada luasan 24,47 ha dipertimbangkan bermanfaat terkait dengan upaya pengendalian limpasan air permukaan, pencegahan dan pengendalian serta upaya-upaya untuk meminimalisir terjadinya erosi dan sedimentasi pada lahan pasca tambang yang direklamasi (Kemenhut, 2009).

Luasan cover crops

Luasan penanaman *cover crops* pasca penaburan tanah pucuk adalah >90% (Gambar 3C dan Gambar 3D) dan kondisi saat ini >90%, yang pada tahap awal revegetasi penting untuk menahan tumbukan langsung curah hujan sehingga memperkecil peluang erosi dan limpasan permukaan, serta memasok bahan organik untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman.

Kejadian erosi

Terjadinya erosi lembar dan alur dijumpai pada kisaran 6-0% pada luasan 16,40 ha, sedangkan erosi lembar, alur, dengan harkat sedang (11-15%) pada luasan 6,70 ha (Gambar 3E). Kondisi ini harus diatasi dengantindakan reklamasi utamanya dengan jaringan drainase dan penutupan cepat tanah terbuka agar erosi alur tidak meningkat menjadi erosi parit.



Gambar 2. Penimbunan waste dump di Ex-DA (A), Rona Ex-DA di OPDAM2 (B), Rona Ex-Pit M2 (C), Rona Ex-Pit F1, IPDC, Komodo (D), Rona lereng M2D (E), Rona lereng Ex-Pit Komodo (F), Penaburan tanah pucuk di IPDC Komodo, IPDcM1 dan IPDb Komodo (G), dan Penaburan tanah pucuk di IPDcM1 (H).

Revegetasi

Setelah kegiatan reklamasi lahan pasca tambang batubara selesai, maka segera dilanjutkan dengan revegetasi lahan (Gambar 4). Adapun ukuran keberhasilan revegetasi lahan didasarkan pada luas areal, persen tumbuh

Luas areal penanaman

Realisasi penanaman >90% lahan reklamasi seluas 23,10 ha menunjukkan capaian yang baik guna mendukung pemulihan struktur dan fungsi ekosistem lahan pasca tambang batubara yang mengundang satwa liar untuk mencari makan, bermain, serta tinggal dan melakukan regenerasi (Putra dkk, 2009).



Gambar 3. Bangunan pengendali erosi-sedimentasi di IPDF1 (A), Paritan pengendali erosi-sedimentasi di OPDDM2 (B), Cover crops di Ex-Pit IPDC1 Komodo (C), Cover crops di IPDb Komodo (D), dan Kejadian erosi-sedimentasi di OPDDM2 dan IPDBM1 (E).

Persentase tumbuh

Persentase tumbuh tanaman mencapai >90% pada lahan reklamasi hutan seluas 19,80 ha dan seluas 3,3 Ha persentase tumbuh tanamannya mencapai nilai 86,10%. Tingkat capaian ini menunjukkan bahwa upaya penanaman didukung pemeliharaan yang serius sangat menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Putra dkk, 2009; Zhenqi dkk., 2012).

Jumlah tanaman

Jumlah tanaman mencapai > 625 ph/ha pada luasan 19,80 ha, dengan standar jarak tanam 4m x

4m dan luas 3,3 ha dengan tanaman 538 ph/ha. Penutupan tajuk vegetasi dan tumbuhan bawah akan menahan tumbukan curah hujan. Sehingga, peluang terjadinya erosi akan semakin menurun apalagi bila karakter fisiktanah khususnya meningkatnya kapasitas infiltrasi akan membantu mengurangi terjadinya limpasan permukaan yang berlebihan (Widjajani, 2010).

Komposisi jenis tanaman

Komposisi tanaman jenis-jenis lokal berdaur panjang dengan capaian 40% seluas 22,20 ha dan capaian 30-39% pada luasan 0,90 ha. Hal tersebut memberikan gambaran bahwa komposisi jenis-jenis lokal harus terus diupayakan dapat mencapai minimal 40% karena pada kenyataannya jenis-jenis tersebut sangat diharapkan mampu bertahan sejalan dengan proses keterpulihan lahan pasca tambang menuju tahapan-tahapan pemulihan struktur dan fungsi ekosistem hutan pasca kegiatan penambangan batubara.

Kesehatan tanaman

Tanaman revegetasi tumbuh sehat dengan capaian >90% pada luasan 18,9 Ha dan sisanya 4,2 ha sebesar 51,20%. Hal tersebut merupakan indikasi bahwa hanya tanaman yang tumbuh sehat mampu bertahan dan menjadi tolok ukur keberhasilan revegetasi lahan pasca tambang. Hasil penilaian keberhasilan rehabilitasi hutan harus dilihat dalam perspektif integratif dan kondisi eksisting lapangan. Sehingga, penataan lahan - pengisian kembali lubang bekas tambang, luas areal yang ditata, kestabilan lereng, penaburan tanah pucuk, pengendalian erosi dan sedimentasi - jumlah fisik bangunan, manfaat bangunan, luas *cover crops*, terjadinya erosi, upaya revegetasi - luas areal penanaman, persen tumbuh, jumlah tanaman, komposisi jenis, serta kesehatan tanaman adalah indikator-indikator yang bersifat komplementer dan tidak berdiri sendiri-sendiri (Tabel 3).



Gambar 4. Revegetasi di berbagai lokasi

Tabel 3. Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan PT Santan Batubara (Blok Separi)

Penilaian Keberhasilan Reklamasi	Nilai (Skor)	Keterangan
1. Penataan Lahan (30)	27,0	
a. Pengisian lubang bekas tambang	5	5 lokasi (100%)
b. Luas areal yang ditata	5	> 90,0%
c. Kestabilan lereng	4	Longsor SR - S (< 5-15%)
d. Penaburan tanah pucuk	4	≥ 85%, 30 - 100 cm sebagian material berupa over burden
2. Pengendalian Erosi dan Sedimentasi (20)	16,0	
a. Jumlah fisik bangunan	4	Belum efektif - efisien
b. Manfaat bangunan	4	Bermanfaat
c. Luas cover crops	4	Realisasi cover crops 69 - >90%, land cover >90% bawah naungan tajuk pohon revegetasi

Penilaian Keberhasilan Reklamasi	Nilai (Skor)	Keterangan
d. Terjadinya erosi	4	Didominasi erosi lembar, alur dan parit, luas 6-10%
3. Revegetasi (50)	44,0	
a. Luas areal penanaman	5	Realisasi penanaman >90% tanaman cepat tumbuh dan lokal berdaur panjang
b. Persentase tumbuh	4	219,5% kualitas pertumbuhan sebagian di bawah standar
c. Jumlah tanaman	5	1.372 pohon/ha
d. Komposisi jenis tanaman	4	45,7% (14.498 tanaman berdaur panjang dari total 31.690 tanaman), kualitas pertumbuhan sebagian di bawah standar
e. Kesehatan tanaman	4	93,7% (29.265 pohon sehat dari 31.690 pohon) kualitas sebagian di bawah standar
Total Nilai (Skor)	87,0	<i>Delapan Puluh Tujuh Koma Nol</i>

Dalam satu ekosistem alami dikenal rantai dan jaringan makanan yaitu hubungan antara keberadaan vegetasi sebagai penyedia makanan untuk sebagian besar herbivora, sedangkan keberadaan herbivora adalah sebagai penyedia makanan bagi carnivora, banyak omnivora dan predator (Putra dkk, 2012, Zhenqi dkk., 2012). Rantai makanan akan membentuk jaringan makanan yang sangat berharga karena menyangkut sistem kehidupan, sehingga lahan rehabilitasi pasca tambang harus dilihat sebagai tolok ukur harkat status keterpilihannya. Rangkuman tentang proses dan mekanisme serta indikasi keterpulihan ekosistem lahan revegetasi pascatambang disajikan pada Tabel 4.

Dalam konstruksi pemikiran keterpulihan ekosistem lahan revegetasi pasca tambang, garis besar interaksi antara unsur-unsur utama dalam ekosistem yang menyangkut kemapanan unsur-unsur abiotik dengan input energi cahaya matahari akan memstimulasi pertumbuhan tanaman. Tanaman sebagai matarantai independen (produser) akan menjadi sumber energi dan mineral bagi konsumen (satwa mikro, meso maupun makro). Tumbuhan dan satwa secara simultan menyumbang sumber energi bagi dekomposer maupun mesofauna. Kompleksitas interaksi tumbuhan - satwa - dekomposer dan elemen anorganik disebut jejaring makanan (*food webs*) yang menjadi ciri khas ekosistem, baik

stadium pemulihan maupun puncak (Laurila-Panta dkk., 2015).

Skor karakteristik ekosistem dengan terbentuknya kembali matarantai ekosistem hutan berdasarkan keberadaan herbivora - predator - karnivora dan walaupun masih tanpa karnivora puncak menunjukkan bahwa status dan nilai ekosistem lahan rehabilitasi pasca tambang batubara adalah 70 (prospektif), yang mengindikasikan bahwa proses dan tahapan pemulihan ekosistem hutan telah mengarah pada kondisi rona awal yaitu sebelum adanya kegiatan penambangan batubara (Laurila-Panta dkk., 2015).

Kegiatan reklamasi hutan yang berlangsung dengan baik adalah pengisian lubang bekas tambang (100%), luas areal ditata (>90%), kestabilan lereng (>85%), penaburan tanah pucuk (>85%), bangunan konservasi bermanfaat, *cover crops* (>90%), erosi (<15%), revegetasi (>90%), persen tumbuh (>90%), jumlah tanaman (>625/ha), serta kesehatan tanaman (>90%). Kegiatan-kegiatan reklamasi hutan yang masih memerlukan upaya-upaya perbaikan ke depan adalah penaburan tanah pucuk (over burden 10-15%), pengendalian erosi- sedimentasi (realisasi <80%), kualitas tanaman revegetasi jenis-jenis lokal berdaur panjang yang sebagian besar kualitas pertumbuhannya masih di bawah standar.

Tabel 4. Dinamika Proses dan Mekanisme serta Indikasi Keterpulihan Ekosistem Lahan Revegetasi Pasca Tambang Batubara

Indikator Fauna	Sampai Tahun Ke-1	Sampai Tahun Ke-2	Sampai Tahun Ke-3	Sampai Tahun Ke-4
1. Avifauna	Insektivora, Banyak jenis	Insektivora/Frugivora/ Nektarivora/Predator Banyak jenis	Insektivora/ Frugivora/ Nektarivora/Predator, Jumlah jenis berkurang	Beberapa jenis mulai dominan

Indikator Fauna	Sampai Tahun Ke-1	Sampai Tahun Ke-2	Sampai Tahun Ke-3	Sampai Tahun Ke-4
2. Mamalia	Herbivora, Sedikit jenis	Herbivora/Karnivora, Jumlah jenis bertambah	Herbivora/Karnivora/ Omnivora, Jumlah jenistetap	Jumlah jenistetap
3. Amfibi dan Reptil	Insektivora, Jumlah jenis sedikit	Insektivora/Karnivora, Jumlah jenis bertambah	Insectivora/Karnivora Jumlah jenis tetap/ bertambah	Jumlah jenistetap atau bertambah
4. Kupu-kupu dan Capung	Herbivora/Insektivora Jumlah jenis banyak	Herbivora/Insektivora Jumlah jenis bertambah	Herbivora/Insektivora, Jumlah jenis bertambah	Tetap atau berkurang
5. Kumbang	Herbivora, Jumlah jenis sedikit	Bertambah	Bertambah	Tetap

Jenis-jenis tanaman dominan di areal kegiatan reklamasi hutan adalah tanaman jenis daur pendek: Akasia, Anggrung, Gmelina, Jabon, Johar, Sengon Butho, Sengon Laut, Trembesi serta tanaman jenis daur panjang: Cempedak, Gaharu, Jambu-jambuan, Kapur, Kemiri, Matoa, Meranti, Meranti Merah, Pulai, Rambutan, Sungkai, Salam, Sengkuang, Randu. Nilai keberhasilan reklamasi hutan atas nama PT Santan Batubara di areal IPPKH pada luasan 23,10 ha adalah 87,0 (*Delapan Puluh Tujuh*) yang berarti berhasil dengan baik. Harkat status ekosistem adalah prospektif yang bermakna proses dan tahapan pemulihan ekosistem hutan mengarah pada kondisi rona awal sebelum adanya kegiatan penambangan batubara.

Kegiatan reklamasi hutan yang berlangsung baik harus dapat dipertahankan, sedangkan yang masih memerlukan perbaikan harus ditingkatkan guna memenuhi standar minimal yang ditetapkan. Jenis-jenis tanaman dominan hutan agar diperkaya (*enrichment planting*) dengan jenis-jenis lokal setempat berdaur panjang khususnya dengan jenis-jenis marga dipterokarpa. Pelaksanaan rehabilitasi lahan pasca tambang batubara di areal Ijin Pinjam Pakai Kawasan Hutan (IPPKH) harus tetap memperhatikan kriteria-kriteria baku minimal di dalam pedoman teknis penilaian keberhasilan reklamasi hutan yang utamanya menyangkut kegiatan penataan lahan, pengendalian erosi-sedimentasi serta revegetasi lahan pasca tambang batubara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Manajemen PT Santan Batubara yang telah memberi kesempatan dan mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahdyannor MI, Kissinger K, Priatmadi BJ, Badaruddin B. 2021. Upaya Peningkatan Perusahaan dalam Pelaksanaan Revegetasi Pascatambang di PT. Binuang Mitra Bersama. *EnviroScienceae*, 17(3): 98-105.
- Ardiyanto WN, Ishak Y. 2017. Kebijakan penilaian keberhasilan reklamasi lahan pasca tambang batubara di Indonesia. *Analisis kebijakan kehutanan* 14 (2): 121-136.
- Arsyad S, 2006. *Konservasi tanah dan air*. IPB Press. Bogor.
- Datar A, Audet P, Mulligan D. 2011. *Post - mined land rehabilitation in India*. University of Queensland, Brisbane, 4072 QLD, Australia. 8 pp.
- Fitriyanti R. 2018. *Pertambangan Batubara: Dampak Lingkungan, Sosial Dan Ekonomi*. *Jurnal Redoks*, 1(1): Gashaw T, Bantider A, Silassie HG. 2014. *Land degradation in Ethiopia: Causes, impacts and rehabilitation techniques*. *Env. Earth Sci.* 4 (9): 98-104.
- Hartati W, Sudarmadji T, Syafrudin M. 2013. *Pemantauan dinamika mikroklimat dan tingkat kesuburan tanah serta potensi erosi pada lahan revegetasi pasca tambang PT Berau Coal*. PT Berau Coal, Berau.
- Hirfan H. 2018. *Strategi Reklamasi Lahan Pasca Tambang*. PENA TEKNIK: *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(1): 101-108.
- Isahak A, Surif S, Sahani M, Gill A, Phang J. 2013. *Environmental stewardship for gold mining in tropical regions. Degraded and mining lands management* 1 (1): 37-42.
- Junaidi A, Tistama R. 2017. *Perkembangan Ekosistem Dan Potensi Karet Untuk Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara*. *Warta Perkaretan*, 36(2): 113-30.
- Laurila-Panta M, Lehtikoinenb A, Uusitaloc L, Venesjärvi R. 2015. *How to value*

- biodiversity in environmental management? *Ecol. Indicators* 55: 1-11.
- Malau RS, Utomo WH. 2017. Kajian sifat fisik tanah pada berbagai umur tanaman kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) di lahan bekas tambang batubara PT Bukit Asam (Persero). *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 4(2): 525-531.
- Marganingrum D, Noviardi R. 2009. Pencemaran air dan tanah di kawasan pertambangan batubara di PT Berau Coal, Kalimantan Timur. *Riset geologi dan pertambangan*, 20 (1): 11-20.
- Peraturan Menteri Kehutanan No. P.60/Menhut-II/2009. Pedoman penilaian keberhasilan reklamasi hutan. Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- Putra NS, Sitepu, Irnayuli, Kastono, Dody M, Nurudin E, Purnomo T, Maman P, Benito H. 2009. Usaha pengembalian fungsi ekosistem di lahan penambangan batubara: Teknik, dan potensi keberhasilan. Yogyakarta.
- Sutedjo, 2009. Analisis interelasi tumbuhan dan satwa di areal reklamasi-rehabilitasi pasca tambang batubara. PT KPC. Kutai Timur.
- Widjajani B. W. 2010. Tipologi Tanaman Penahan Erosi (Studi Kasus di Hutan Jati). *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 3(1): 56-64.
- Zhenqi H, Peijun W, Jing L. 2012. Ecological restoration of abandoned mine land in China. *Resources and ecology* 3 (4):